

ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS, SOLARES Y LUMINOSAS DE UN CONJUNTO DE MODELOS DE CERRAMIENTOS ACRISTALADOS SOBRE MARCO DE ALUMINIO.

¹ Peralta Canudo, J. L.* ² Del Río Merino, M. ¹ Pérez Benedicto, J. A.

¹ E.U.P.L.A. , ² E.U.A.T.M.

Plaza Ntra. Sra. Del Carmen nº 5, 3º, 50004 Zaragoza

ilperal@unizar.es

RESUMEN

El presente trabajo se plantea como un estudio comparativo del comportamiento de las características térmicas, solares y luminosas de un conjunto de modelos de cerramiento acristalado sobre marco de aluminio, todo ello al objeto de entender el comportamiento de los mismos en función de los distintos acristalamientos y marcos, fijar unas ciertas referencias y establecer un método, a partir de un proceso de simulación, que permita seguir realizando estos cálculos y estudios comparativos en un futuro.

Este proceso de simulación y cálculo numérico se ha realizado mediante la utilización de la herramienta informática que conforman los programas THERM 5/ WINDOW 5, y para la construcción de los modelos se ha partido de una tipología de ventana estándar de dos hojas practicables y una dimensiones totales de 1.500x1.200 mm. Dichos modelos, 24 en total, vienen dados por las combinaciones de 6 acristalamientos (Luna incolora 6 mm.- Extralami 4+4 mm.- Parsol verde 6 mm.- Reflectasol Plata 6 mm.- Low E DAG-5028 6mm.- Low E Super E de 6mm.) con dos tipos de gas (aire y argón) en el interior de las cámaras, manteniendo en todos ellos el vidrio interior (Luna incolora 4 mm.) y dos tipos de carpintería de aluminio (con rotura y sin rotura de puente térmico).

Palabras clave: Cerramientos acristalados, transmitancia, control solar, factor luminoso.

1. Introducción.-

Teniendo como referente la NBE-CT-79 [1], a mediados de los años 2000, y formando parte del C.T.E., entra en vigor el D B de Ahorro de Energía y la exigencia HE-1: Limitación de la demanda energética [2], introduciendo el término de envolvente del edificio y estableciendo que sus características serán tales que limite la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico. En el mismo se habla de la transmitancia y del factor solar modificado de los cerramientos acristalados de los huecos, valores éstos en los que, para su determinación, van a influir otros parámetros tales como la transmitancia del acristalamiento, la transmitancia de los marcos, la superficie ocupada por los mismos, factor de sombra del hueco, factor solar del vidrio, emisividad del mismo, etc.

2. Objetivos del Trabajo.-

Es evidente el trabajo llevado a cabo, a lo largo de estos últimos años, por los fabricantes de vidrios y de perfiles de aluminio para carpinterías, al objeto de ir

innovando distintos productos que mejoren las características térmicas de los marcos de aluminio y de los acristalamientos, pero no es menos cierto que a la hora de presentar las fichas con las características técnicas de los sistemas de carpintería nos encontramos, en lo que a transmitancia se refiere, con valores del cerramiento para un único modelo de acristalamiento, tal y como se puede observar en la imagen (fig. 1) tomada del catálogo virtual de un fabricante de sistemas de perfiles.



Figura 1. *Ejemplo presentación características de carpintería.*

Otro tanto ocurre con las fichas técnicas de los vidrios, en donde se ofrecen valores que, evidentemente, no tienen en cuenta el marco sobre el que va montado ese vidrio, encontrando incluso fabricantes que carecen de datos del comportamiento térmico de las distintas composiciones de acristalamientos que se podrían realizar con los vidrios por ellos fabricados.

Así pues, a partir de esta carencia de datos detectada en el ejercicio profesional, es por lo que surge este trabajo, planteándose los siguientes objetivos:

- a).-** Modelizar una serie de composiciones de acristalamientos con cámara, a partir de siete tipos distintos de vidrios planos y dos gases distintos, al objeto de cuantificar sus características térmicas, luminosas y solares,
- b).-** Modelizar varias combinaciones de cerramientos de huecos de fachada (ventanas) a partir de los acristalamientos anteriores, colocados sobre dos tipos distintos de perfiles de carpintería de aluminio, sin rotura y con rotura de puente térmico, al objeto de parametrizar los valores de transmitancia, tanto de los marcos por separado, como del conjunto del modelo.
- c).-** Establecer un estudio comparativo en el que se pueda apreciar en que medida afectan, cada una de las variables utilizadas, en los valores de las características solares y luminosas, de los distintos modelos utilizados.

Todo ello permitirá, por una parte, establecer unas referencias y unos patrones de cómo afectan en los valores finales cada uno de los componentes que forman parte de los cerramientos acristalados modelizados en el trabajo, y por otra parte establecer un procedimiento y una metodología que nos permita seguir modelizando cualquier otro cerramiento acristalado cuyos componentes no se encuentren caracterizados en el presente trabajo.

3. Fundamento teórico del trabajo.-

El C.T.E. en la exigencia HE 1: Limitación de la demanda energética [2], establece, para el cálculo de la transmitancia, una fórmula (ec.1), de cuya observación se evidencia que su valor final estará en función de los valores que adquieran los dos

elementos integrantes del cerramiento o ventana, es decir el marco y el acristalamiento, requiriendo un análisis separado de ambos elementos, calculándose

(1)

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m}$$

siendo

$U_{H,v}$ la transmitancia térmica de la parte semitransparente [W/m²K];

$U_{H,m}$ la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta [W/m² K];

FM la fracción del hueco ocupada por el marco.

estos valores de acuerdo con lo establecido en las normas UNE EN 673-1998 [3], UNE EN 673/A1-2001 [4], UNE EN 673/A2-2003 [5], UNE-UN ISO 100771 [6].

Por otro lado se determinarán las características luminosas y solares de los vidrios y posteriormente de los acristalamientos, según UNE EN 410-1998 [7], quedando patente la importancia del valor del factor solar del acristalamiento en la fórmula (ec.2) que establece el CTE para el cálculo del factor solar modificado

(2)

$$F = F_S \cdot [(1 - FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha]$$

siendo

F_S el factor de sombra del hueco o lucernario obtenido de las tablas E.11 a E.15 en función del dispositivo de sombra o mediante simulación. En caso de que no se justifique adecuadamente el valor de F_S se debe considerar igual a la unidad;

FM la fracción del hueco ocupada por el marco en el caso de ventanas o la fracción de parte maciza en el caso de puertas;

g_{\perp} el factor solar de la parte semitransparente del hueco o lucernario a incidencia normal. El factor solar puede ser obtenido por el método descrito en la norma UNE EN 410:1998;

U_m la transmitancia térmica del marco del hueco o lucernario [W/ m² K];

α la absorptividad del marco obtenida de la tabla E.10 en función de su color.

4. Planteamiento metodológico.-

4.1 Metodología y herramientas empleadas.-

Se ha optado por una metodología de simulación a partir de la cual se han creado una serie de modelos de cerramientos, sobre los cuales se trabajará teniendo en cuenta distintas variables, y mediante cálculo numérico se obtendrán los valores correspondientes a la transmitancia térmica de los mismos, al objeto de cuantificarlos y caracterizarlos para su posterior análisis. Otro tanto ocurrirá con los valores de las características solares de los acristalamientos, que se obtendrán a partir de los datos de los vidrios facilitados por el fabricante.

Este proceso de simulación y cálculo numérico se ha realizado mediante la utilización de la herramienta informática que conforman los programas THERM 5/ WINDOW 5, basados en la técnica Microsoft Windows y desarrollados por el Lawrence Berkeley National Laboratory del Departamento de Energía de EEUU .y administrado por la U.C.L.A.

El THERM 5, basado en el método de elementos finitos, permite modelar las geometrías de los perfiles y permite dibujar o importar archivos dxf, siendo capaz de distinguir los sólidos y las cavidades en la sección estudiada; permite también fijar las condiciones ambientales y las condiciones de contorno en los bordes de la sección,

ofreciendo los resultados en forma numérica, mapa de isotermas, malla de elementos finitos, o mapa de color.

El WINDOW 5 posibilita, la creación y caracterización de los modelos de acristalamiento a partir de los distintos vidrios y a los gases de las cámaras, determinando la transmitancia, el factor solar, la transmisión solar directa y la transmisión luminosa. Con las características así determinadas, junto con las de los marcos, el programa ofrece unos resultados en donde caracterizará los parámetros térmicos, lumínicos y solares del modelo de cerramiento estudiado.

4.2 Desarrollo del trabajo.-

4.2.1 Elección de los materiales y caracterización de los mismos.-

Como hipótesis de partida se planteó que tanto el desarrollo del presente trabajo, los resultados que se obtengan y las conclusiones a las que se llegue, puedan tener una aplicación práctica o incluso didáctica, pudiendo ayudar a comprender el fenómeno de transmisión de calor y de las características solares y luminosas en los cerramientos acristalados de la envolvente del edificio, y además tener una referencia caracterizada de los cerramientos utilizados mas habitualmente. Es por ello, por lo que se decidió elegir para esta simulación un modelo de ventana estándar de 1500mm. de anchura x 1200 mm. de altura construida con materiales conocidos (perfiles de aluminio y vidrios) y de utilización habitual en las obras de edificación, para que tanto el proceso de cálculo como los resultados obtenidos tuviesen referencias y parámetros conocidos.

4.2.1.1 Perfilería de aluminio.-

Se han elegido perfiles correspondientes a dos series de Alumafel, marca de gran implantación en nuestro país y de reconocida trayectoria en cuanto a innovación y desarrollo en sus productos.

Los primeros corresponden a la serie **forma**, una perfilería básica, sin rotura de puente térmico, muy conocida, que se ha utilizado estos años pasados con gran profusión en edificaciones de tipo medio.

Los segundos perfiles elegidos corresponden a la serie **forma thermic**, una perfilería también básica, de similares características y dimensiones que la anterior, pero con la particularidad de que tienen rotura de puente térmico [8].

4.2.1.2 Vidrios.-

Se ha trabajado a partir de vidrios comercializados por la empresa Ariño Duglass, tomándose siete clases distintas de vidrios que servirán para modelizar doce acristalamientos distintos, esto es, un vidrio que se utilizará en la cara interior del acristalamiento en todos los modelos y seis vidrios en la cara exterior para dos gases en el interior de la cámara, (aire y argón).

Los vidrios seleccionados, no lo han sido de forma arbitraria evidentemente, sino que se ha hecho de forma que hubiese tres grupos de vidrios perfectamente definidos. Por una parte tres vidrios transparentes absolutamente habituales en las obras, de 4 y 6 mm. y un laminado de 4+4mm. Por otro lado dos vidrios clásicos, de 6mm., que se han venido utilizando cuando se requería algún tipo de control solar en los cerramientos, un parsol verde y un reflectasol plata, éste ya con capa metálica. Y por último dos vidrios con capa y altas prestaciones, denominados **Low E**, [9].

a) Luna incolora de 4 mm. Vidrio sodocálcico flotado, transparente de 4 mm. de espesor y uso común

b) Luna incolora de 6 mm.

Vidrio sodocálcico flotado, transparente de 6 mm. de espesor y uso común.

c) Extralami de 4+4 mm.

Vidrio laminado compuesto por dos lunas transparentes de vidrio sodocálcico de 4 mm. cada una, con una lámina intermedia de polivinilo de butiral (PVB) transparente.

d) Luna Parsol verde de 6 mm.

Vidrio sodocálcico flotado, transparente de 6 mm. de espesor y coloreado en toda su masa. Uso común

e) ARIPLAK Reflectasol Plata de 6 mm.

Vidrio sodocálcico flotado, transparente de 6 mm. de espesor con capa de control solar Dark Silver. Este vidrio pertenece al grupo de los clásicos vidrios de control solar

f) ARIPLAK Low E-SP DAG-5028 6mm.

Vidrio sodocálcico flotado, transparente de 6 mm. de espesor con capa de altas prestaciones Ariplak Low E-SP. Este vidrio pertenece al grupo de realizados a partir de una luna sobre la que se depositan, mediante tecnologías de alto vacío, delgadas capas de plata y óxidos metálicos.

g) ARIPLAK Low E-SP Super E de 6mm.

Es un vidrio de la misma gama que el anterior, es decir, con capa de altas prestaciones Ariplak Low E-SP

4.2.2 Introducción de los datos en el programa de simulación.-

4.2.2.1 Entrada de datos de los marcos de aluminio.-

a) Geometría y dimensiones:

A partir del catálogo suministrado por el fabricante, los archivos de dibujo del tipo **dwg**, se transformaron en archivos del tipo **dxf**, archivos estos que puede importar el programa THERM. Por cada uno de los dos sistemas de perfilería elegidos, se importaron las dos secciones existentes, la sección marco-hoja (que se repite en el perímetro de la ventana) y la sección central hoja-hoja

b) Caracterización de los componentes del marco:

Con las geometrías de los tipos de secciones ya en el programa, se definieron los componentes de los marcos, es decir, el aluminio del perfil, el polibutileno de las juntas, el nylon de las piezas de rotura, y la zona de cavidad del perfil. Así mismo, para el acristalamiento, fue necesario definir el gel desecante del intercalario, y hasta la silicona de fijación y sellado de las hojas del vidrio, quedando fijados gráficamente, mediante una escala de colores todos los componente de los marcos, (fig. 2).

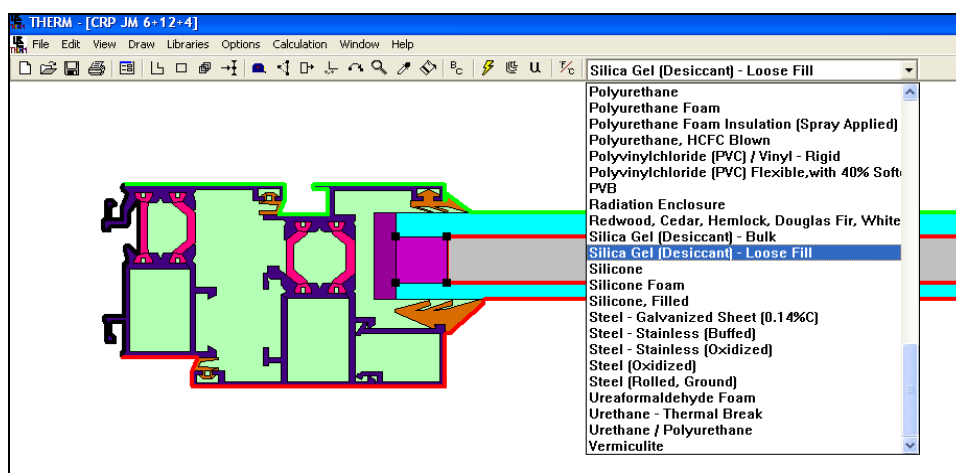


Figura 2 Pantalla del programa, en fase de caracterización de los componentes.

c) Fijación de las condiciones de contorno y ambientales:

Por último, se establecieron las condiciones de contorno, las ambientales límite de temperaturas interiores y exteriores (17.5° y 2.5°) y los coeficientes de transferencia térmica superficiales interiores y exteriores (8 y 23 W/m²K), según establece la norma UNE EN 673 [3] y UNE-EN ISO 10077-1 [6].

4.2.2.2 Entrada de datos de los vidrios.-

A partir de los datos suministrados por el fabricante de los vidrios en las fichas técnicas, utilizando el OPTICS 5, que es una herramienta complementaria del THERM / WINDOW, se cargaron todos los datos de los siete tipos de vidrios, a modo de base de datos, para su utilización en los cálculos posteriores, tal y como aparecen en la (tabla 1).

Glass Library (C:\Documents and Settings\JLPeralta\Escritorio\U.P.M\TRABAJO FINAL DE MASTER\WINDOW5\prueba.mdb)																	
	ID	Name	ProductName	Manufacturer	Source	Mode	Color	Thickness	Tsol	Rsol1	Rsol2	Tvis	Rvis1	Rvis2	Tir	emis1	emis2
								mm									
	30015	incoloro.usr	incoloro 6mm	Ariño Duglass	IGDB User vL			6.000	0.793	0.071	0.071	0.888	0.080	0.080	0.000	0.840	0.840
	30021	incoloro4mm.usr	incoloro 4mm	Ariño Duglass	IGDB User vL			4.000	0.808	0.074	0.074	0.889	0.082	0.082	0.000	0.840	0.840
	30026	DAG5028.usr	DAG5028 6mm	Ariño Duglass	IGDB User vL			6.000	0.296	0.269	0.459	0.547	0.129	0.162	0.000	0.840	0.020
	30027	SuperE.usr	SuperE 6mm	Ariño Duglass	IGDB User vL			6.000	0.589	0.166	0.212	0.823	0.089	0.063	0.000	0.840	0.080
	30033	4+4LaminadoIncoloro	Laminado 4+4 incoloro	Ariño Duglass	IGDB User vL			8.386	0.688	0.067	0.067	0.859	0.080	0.080	0.000	0.840	0.840
	30034	verde6mm.usr	verde 6mm	Ariño Duglass	IGDB User vL			6.000	0.460	0.053	0.053	0.751	0.066	0.066	0.000	0.840	0.840
	30035	ReflectasolPlata.usr	Reflectasol Plata 6mm	Ariño Duglass	IGDB User vL			6.000	0.462	0.211	0.286	0.378	0.268	0.343	0.000	0.840	0.840
	30036	incoloro.usr	incoloro 6mm	Ariño Duglass	User			6.000	0.793	0.071	0.071	0.888	0.080	0.080	0.000	0.840	0.840

Tabla 1 Vidrios seleccionados y sus características.

4.3.3 Proceso de cálculo.-

4.3.3.1 Marcos de aluminio.-

El trabajo estudia 48 modelos de marcos distintos, esto es, las combinaciones de seis acristalamientos con dos gases distintos, colocados sobre dos carpinterías distintas, y considerando dos secciones distintas en cada modelo.

El programa THERM ofrece gráficos sobre la sección de los perfiles en los cuales se representan las isotermas (fig. 3 y 4), en visión por infrarrojo (fig. 5) en donde de una forma visual se pone de manifiesto la como se distribuyen las temperaturas. Igualmente ofrece resultados numéricos con los valores de la transmitancia del marco y de la zona de borde del acristalamiento próxima al marco, en una anchura de 63.5 mm (tabla 2).

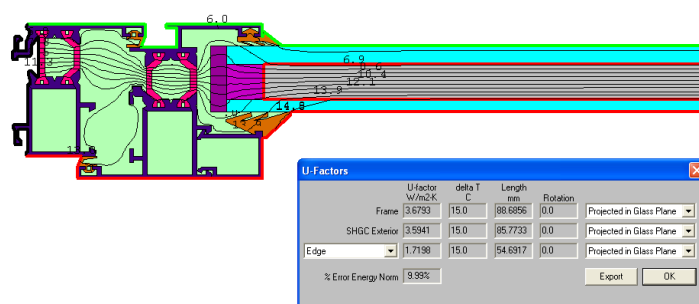


Figura 3 Resultados numéricos e isotermas, perfil aluminio con rotura, en sección por jamba acristalado con 6+12+4, cámara con aire

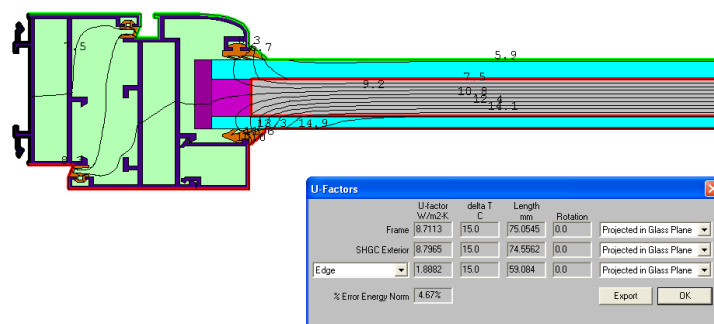


Figura 4 Resultados numéricos e isotermas, perfil aluminio sin rotura, en sección por jamba acristado con 6+12+4, cámara con aire



Figura 5 Distribución de temperaturas, en visión por infrarrojo, en perfil aluminio con y sin rotura, en sección perimetral, acristado con 6+12+4, cámara con aire

Frame Library (C:\Documents and Settings\JLPeralta\Escritorio\U.P.M\TRABAJO FINAL DE MASTER\WINDOW5\prueba.mdb)								
	ID	Name	Source	Type	Frame Uvalue W/m2-K	Edge Uvalue W/m2-K	Edge Correlation	Glazing Thickness mm
	12	CRP CT 4+4 air	Therm	Vertical M	3.848	1.802	N/A	22.0
	13	CRP CT 6 air	Therm	Vertical M	3.845	1.631	N/A	22.0
▶	14	CRP CT 6 V air	Therm	Vertical M	3.824	1.732	N/A	22.0
	15	CRP CT 6 PLATA air	Therm	Vertical M	3.893	1.792	N/A	22.0
	16	CRP CT 6 DAG air	Therm	Vertical M	3.823	1.008	N/A	22.0
	17	CRP CT 6 SUPER E air	Therm	Vertical M	3.830	1.089	N/A	22.0
	18	CRP JM 4+4 air	Therm	Jamb	3.700	1.765	N/A	22.0
	19	CRP JM 6 air	Therm	Jamb	3.679	1.720	N/A	22.0
	20	CRP JM 6 V air	Therm	Jamb	3.679	1.720	N/A	22.0
	21	CRP JM 6 PLATA air	Therm	Jamb	3.710	1.778	N/A	22.0
	22	CRP JM 6 DAG air	Therm	Jamb	3.657	0.994	N/A	22.0
	23	CRP JM 6 SUPER E air	Therm	Jamb	3.662	1.075	N/A	22.0
	24	CRP CT 4+4 Ar	Therm	Vertical M	3.820	1.641	N/A	22.0
	25	CRP CT 6 Ar	Therm	Vertical M	3.811	1.613	N/A	22.0
	26	CRP CT 6 V Ar	Therm	Vertical M	3.811	1.613	N/A	22.0
	27	CRP CT 6 PLATA Ar	Therm	Vertical M	3.881	1.664	N/A	22.0
	28	CRP CT 6 DAG Ar	Therm	Vertical M	3.806	0.805	N/A	22.0
	29	CRP CT 6 SUPER E Ar	Therm	Vertical M	3.814	0.896	N/A	22.0
	30	CRP JM 4+4 Ar	Therm	Jamb	3.667	1.627	N/A	22.0
	31	CRP JM 6 Ar	Therm	Jamb	3.647	1.600	N/A	22.0
	32	CRP JM 6 V Ar	Therm	Jamb	3.647	1.600	N/A	22.0
	33	CRP JM 6 PLATA Ar	Therm	Jamb	3.701	1.649	N/A	22.0
	34	CRP JM 6 DAG Ar	Therm	Jamb	3.644	0.792	N/A	22.0
	35	CRP JM 6 SUPER E Ar	Therm	Jamb	3.650	0.882	N/A	22.0
	36	SRP CT 4+4 air	Therm	Vertical M	7.587	1.554	N/A	22.0
	37	SRP CT 6 air	Therm	Vertical M	7.585	1.525	N/A	22.0
	38	SRP CT 6 V air	Therm	Vertical M	7.585	1.525	N/A	22.0

Frame Library (C:\Documents and Settings\JLPeralta\Escritorio\U.P.M\TRABAJO FINAL DE MASTER\WINDOW5\prueba.mdb)								
	ID	Name	Source	Type	Frame Uvalue W/m2-K	Edge Uvalue W/m2-K	Edge Correlation	Glazing Thickness mm
	39	SRP CT 6 PLATA air	Therm	Vertical M	7.687	1.563	N/A	22.0
	40	SRP CT 6 DAG air	Therm	Vertical M	7.697	0.979	N/A	22.0
	41	SRP CT 6 SUPER E air	Therm	Vertical M	7.696	1.039	N/A	22.0
	42	SRP JM 4+4 air	Therm	Jamb	8.722	1.927	N/A	22.0
	43	SRP JM 6 air	Therm	Jamb	8.711	1.888	N/A	22.0
	44	SRP JM 6 V air	Therm	Jamb	8.711	1.888	N/A	22.0
	45	SRP JM 6 PLATA air	Therm	Jamb	8.810	1.937	N/A	22.0
	46	SRP JM 6 DAG air	Therm	Jamb	8.826	1.202	N/A	22.0
	47	SRP JM 6 SUPER E air	Therm	Jamb	8.826	1.277	N/A	22.0
	48	SRP CT 4+4 Ar	Therm	Vertical M	7.580	1.595	N/A	22.0
	49	SRP CT 6 Ar	Therm	Vertical M	7.585	1.436	N/A	22.0
	50	SRP CT 6 V Ar	Therm	Vertical M	7.585	1.436	N/A	22.0
	51	SRP CT 6 PLATA Ar	Therm	Vertical M	7.689	1.467	N/A	22.0
	52	SRP CT 6 DAG Ar	Therm	Vertical M	7.700	0.828	N/A	22.0
	53	SRP CT 6 SUPER E Ar	Therm	Vertical M	7.698	0.895	N/A	22.0
	54	SRP JM 4+4 Ar	Therm	Jamb	8.723	1.797	N/A	22.0
	55	SRP JM 6 Ar	Therm	Jamb	8.711	1.775	N/A	22.0
	56	SRP JM 6 V Ar	Therm	Jamb	8.711	1.775	N/A	22.0
	57	SRP JM 6 PLATA Ar	Therm	Jamb	8.811	1.815	N/A	22.0
	58	SRP JM 6 DAG Ar	Therm	Jamb	8.829	1.012	N/A	22.0
	59	SRP JM 6 SUPER E Ar	Therm	Jamb	8.827	1.097	N/A	22.0

Tabla 2 Resultados numéricos del valor de las transmitancias de los marcos.

4.3.3.2 Acristalamientos.-

A continuación se relacionan los valores numéricos obtenidos, de acuerdo con la UNE EN ISO 410:1998 [9], de los 12 modelos, numerados del 9 al 20 (tabla 3).

Kelf: Conductividad térmica
U valor: Transmitancia
RHG: Densidad de flujo térmico

SHGC: Coef. transmisión energética solar directa
S C: Factor solar
T vis: Transmisión luminosa

Glazing System Library (C:\Documents and Settings\JLPeralta\Escritorio\U.P.M\TRABAJO FINAL DE													
	ID	Name	# of Layers	Mode	Tilt	Environmental Conditions	Kelf W/m-K	Overall Thickness mm	Uval W/m2-K	SHGC	SC	Tvis	RHG W/m2
▶	9	ACR 6+12+4	2		90	EN 673	0.036	22.00	2.466	0.719	0.827	0.795	540.4
	10	ACR 6V+12+4	2		90	EN 673	0.036	22.00	2.466	0.499	0.576	0.671	382.1
	11	ACR PLATA 6+12+4	2		90	EN 673	0.035	22.00	2.626	0.491	0.565	0.346	376.7
	12	ACR LAM 4+4+96+4	2		90	EN 673	0.031	21.99	2.483	0.671	0.772	0.768	505.7
	13	ACR DAG 6+12+4	2		90	EN 673	0.015	22.00	1.538	0.295	0.339	0.493	225.6
	14	ACR SUPER E 6+12+4	2		90	EN 673	0.017	22.00	1.666	0.541	0.622	0.736	405.0
	15	ACR 6+12+4 Ar	2		90	EN 673	0.032	22.00	2.328	0.718	0.826	0.795	539.5
	16	ACR 6V+12+4 Ar	2		90	EN 673	0.032	22.00	2.328	0.495	0.571	0.671	378.5
	17	ACR PLATA 6+12+4 Ar	2		90	EN 673	0.031	22.00	2.469	0.489	0.563	0.346	374.6
	18	ACR LAM 4+4+96+4 Ar	2		90	EN 673	0.027	21.99	2.332	0.669	0.770	0.768	503.9
	19	ACR DAG 6+12+4 Ar	2		90	EN 673	0.011	22.00	1.202	0.284	0.327	0.493	215.2
	20	ACR SUPER E 6+12+4 Ar	2		90	EN 673	0.013	22.00	1.355	0.537	0.617	0.736	399.9

Tabla 3 Resultados numéricos de la caracterización de los acristalamientos

5. Resultados obtenidos.-

A continuación se adjunta resumen con los resultados numéricos, de los 24 modelos estudiados (tabla 4), correspondientes a los valores de los siguientes parámetros:

U valor: Transmitancia
SHGC: Coef. transmisión energética solar directa
T vis: Transmisión luminosa

Window Library (C:\Documents and Settings\JLPeralta\Escritorio\U.P.M\TRABAJO FINAL DE MASTER\WINDOW5\prueba.mdb)								
	ID	Name	Type	Width	Height	Ufactor	SHGC	T vis
				mm	mm	W/m2-K		
►	1	CRP 4+4 air	Horizontal Slider	1500	1200	2.733	0.477	0.523
	2	CRP 6 air	Horizontal Slider	1500	1200	2.702	0.509	0.541
	3	CRP 6 V air	Horizontal Slider	1500	1200	2.707	0.360	0.457
	4	CRP 6 PLATA air	Horizontal Slider	1500	1200	2.807	0.354	0.235
	5	CRP 6 DAG air	Horizontal Slider	1500	1200	2.113	0.220	0.335
	6	CRP 6 SUPER E air	Horizontal Slider	1500	1200	2.192	0.388	0.501
	7	CRP 4+4 Ar	Horizontal Slider	1500	1200	2.692	0.477	0.523
	8	CRP 6 Ar	Horizontal Slider	1500	1200	2.608	0.509	0.541
	9	CRP 6 V Ar	Horizontal Slider	1500	1200	2.608	0.357	0.457
	10	CRP 6 PLATA Ar	Horizontal Slider	1500	1200	2.703	0.353	0.235
	11	CRP 6 DAG Ar	Horizontal Slider	1500	1200	1.908	0.213	0.335
	12	CRP 6 SUPER E Ar	Horizontal Slider	1500	1200	2.001	0.385	0.501
	13	SRP 4+4 air	Horizontal Slider	1500	1200	3.981	0.524	0.557
	14	SRP 6 air	Horizontal Slider	1500	1200	3.962	0.558	0.576
	15	SRP 6 V air	Horizontal Slider	1500	1200	3.962	0.399	0.487
	16	SRP 6 PLATA air	Horizontal Slider	1500	1200	4.080	0.393	0.251
	17	SRP 6 DAG air	Horizontal Slider	1500	1200	3.383	0.251	0.357
	18	SRP 6 SUPER E air	Horizontal Slider	1500	1200	3.463	0.430	0.533
	19	SRP 4+4 Ar	Horizontal Slider	1500	1200	3.964	0.524	0.557
	20	SRP 6 Ar	Horizontal Slider	1500	1200	3.869	0.558	0.576
	21	SRP 6 V Ar	Horizontal Slider	1500	1200	3.869	0.396	0.487
	22	SRP 6 PLATA Ar	Horizontal Slider	1500	1200	3.977	0.392	0.251
	23	SRP 6 DAG Ar	Horizontal Slider	1500	1200	3.174	0.243	0.357
	24	SRP 6 SUPER E Ar	Horizontal Slider	1500	1200	3.268	0.427	0.533

Tabla 4 Resumen de los resultados numéricos del trabajo

Los modelos quedan identificados con las letras **CRP** o **SRP**, que se refieren a los marcos con rotura o sin rotura respectivamente; a continuación se describe el acristalamiento, y por último el gas, identificado con las abreviaturas **air** o **ar**.

6. Conclusiones.-

6.1. Conclusiones relativas a los resultados obtenidos en los tipos de marcos estudiados.-

A la vista de los resultados obtenidos y de su análisis, se ha podido determinar que:

- a) A pesar de que en el cálculo se ha tenido en cuenta la interacción del acristalamiento con el marco, el tipo de gas no implica, prácticamente, diferencia alguna entre los valores de la transmitancia.
- b) En los marcos con rotura de puente térmico, son más altos los valores de transmitancias en la sección central (hoja-hoja) que en la sección perimetral (marco-hoja), del orden de 0.15 W/m² K de media.
- c) En los marcos sin rotura de puente térmico, son más altos los valores de transmitancias en la sección perimetral (marco-hoja) que en la sección central (hoja-hoja), del orden de 1.10 W/m² K de media.
- d) En los modelos de marcos sin rotura de puente térmico, estudiados, son más altos los valores de transmitancias de los marcos con acristalamientos que contienen vidrios con capa.

6.2. Conclusiones relativas a los resultados obtenidos en los modelos de acristalamientos.-

6.2.1. De las características térmicas de los acristalamientos.-

A continuación se acompaña el análisis efectuado de los valores medios de las transmitancias, obtenidos en el cálculo (tabla 5).

	ACRIST CON AIRE W/ m ² K	ACRIST CON ARGON W/ m ² K	MEJORA %
GENERAL	2.21	2.00	9.50
VID. SIN CAPA	2.51	2.36	5.98
VID. CON CAPA	1.60	1.28	20.00

Tabla 5 Valores medios de las transmitancias en los modelos de acristalamiento utilizados

6.2.2. De las características de transmisión luminosa y solar en los modelos de acristalamientos.-

Se acompaña gráfico comparativo (fig. 6), realizado a partir de los datos obtenidos.

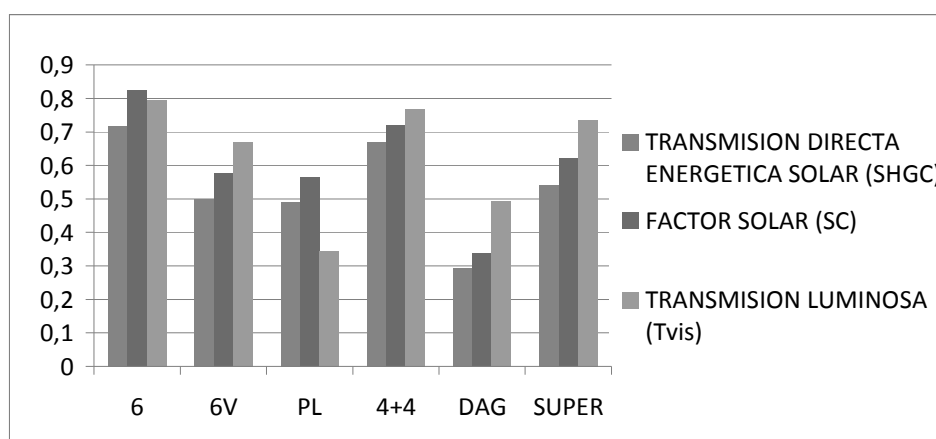


Figura 6 Comparativo de los valores en los modelos de acristalamiento, con cámara con aire,

6.3. Conclusiones relativas a los resultados obtenidos en los modelos de ventana.

6.3.1. Relativas a las características térmicas.

*De los 24 modelos estudiados, los valores de transmitancia fluctúan entre los 4,1 W/m²K de un modelo con marco de aluminio sin rotura y acristalamiento 6+12+4 con aire en la cámara y los 1,9 W/m²K de un modelo con marco de aluminio con rotura y acristalamiento con vidrio de altas prestaciones Low E DAG-5028 y gas argón en la cámara, (fig. 7)

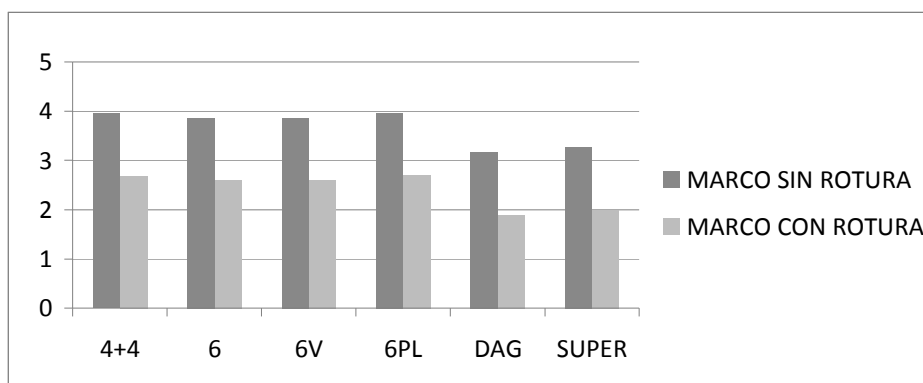
*Los valores de transmitancia de los modelos estudiados se encuentran dentro del intervalo que establece el CTE en su exigencia básica HE 1: Limitación de la demanda energética, para las distintas zonas climáticas, y por lo tanto no queda, por sí mismo, excluido ninguno de los modelos estudiados.

*La utilización de perfiles con rotura de puente térmico, frente a la perfilera sin rotura, implica una reducción en media, de la transmitancia de los mismos, del 33,37% en vidrios con aire en su cámara, (tabla 6).

*La utilización del gas argón en la cámara de los acristalamientos, en lugar de aire, implica una reducción de la transmitancia del 2,63%, en media, en el caso de carpinterías sin rotura de puente térmico, llegando a valores del 4,0% en carpinterías con rotura.

*No es efectiva la utilización de gas argón en las cámaras de acristalamientos de ventanas realizadas con perfiles sin rotura de puente térmico.

*Los modelos de ventanas con rotura de puente térmico en los que se han utilizado acristalamientos con vidrios de altas prestaciones, con capa, han reducido su transmitancia un 18,5% en el caso de cámaras con aire, y del 25,9% en el caso de cámaras con gas argón.



ARGON

Figura 7 Comparativo de los valores de transmitancia en los modelos de ventana utilizados

	CAMARA CON AIRE		CAMARA CON ARGON	
ACRISTALAMIENTO	MEJORA	MEDIAS	MEJORA	MEDIAS
4+4	31,35 %	31,50 %	32,08 %	32,32 %
6	31,80 %		32,59 %	
6V	31,67 %		32,59 %	
6PL	31,20 %		32,03 %	
DAG	37,54 %	37,12 %	39,88 %	39,32 %
SUPER	36,70 %		38,77 %	
MEDIA	33,37 %		34,65 %	

Tabla 6 Reducción (mejora) de la transmitancia en %, por la utilización de marcos con rotura de puente térmico

6.3.2. Relativas a las características luminosas y solares

*En los modelos de ventanas con marcos con rotura, se produce una reducción, en media, de la Transmisión Energética Solar Directa del 9,92 % y de la Transmisión Luminosa del 6,6% frente a modelos con marcos sin rotura de puente térmico.

*Las diferencias fundamentales que se producen en las características luminosas y solares de los acristalamientos, se producen simplemente como consecuencia del tipo vidrio que contienen.

*A la hora de seleccionar un vidrio, es necesario buscar un equilibrio entre la transmisión luminosa y el factor solar (que será determinante para obtener la transmisión energética solar directa y el factor de sombra

*Los vidrios coloreados y reflectasol plata, ofrecen valores de factor solar en torno al 50 %, y algunos Low E próximos al 30%, pero a costa de reducir su coeficiente de transmisión luminosa, con valores comprendidos entre el 35% y el 50%, (fig. 8).

*De entre los acristalamientos estudiados, ha sido el confeccionado con vidrio denominado Ariplak Low E-SP Super E el que ha obtenido unos valores mas razonables, con valores cercanos al 75% en transmisión luminosa, y del 62% en factor solar.

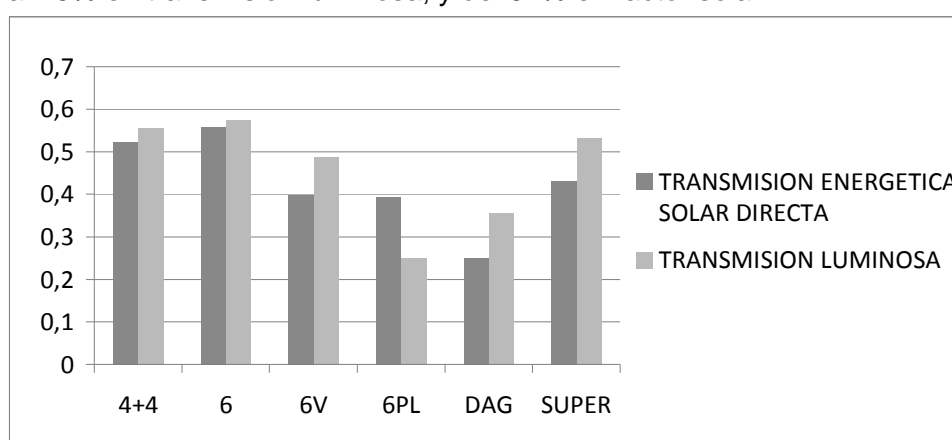


Figura 8 Valores de la trans. energética solar directa y trans. luminosa con perfiles Sin Rotura (aire)

7. Referencias bibliográficas.-

- [1] Ministerio de Vivienda (2006) *CTE: Documento Básico de Ahorro de Energía: Exigencia Básica HE 1: Limitación de demanda energética.*
- [2] Ministerio de la Presidencia (1979) *NBE-CT-79, Sobre condiciones térmicas en los edificios.*
- [3] UNE EN 673:1988 "Vidrio en la construcción. Determinación del coeficiente de transmisión térmica, U. Método de cálculo".
- [4] UNE EN 673/A1:2001 "Vidrio en la construcción. Determinación del coeficiente de transmisión térmica, U. Método de cálculo"
- [5] UNE EN 673/A2:2003 "Vidrio en la construcción. Determinación del coeficiente de transmisión térmica, U. Método de cálculo"
- [6] UNE EN ISO 10077-1:2001 (2010) *Características térmicas de ventanas, puertas y contraventanas. Cálculo del coeficiente de transmisión térmica. Parte 1: Método simplificado.* Madrid: Ed. AENOR.
- [7] ALUMAFEL Catálogo Digital. Disponible en <http://www.alumafel.es/edificacion>.
- [8] ARIÑO DUGLASS Catálogo comercial (2010)
- [9] UNE EN ISO 410:1998 "Vidrio para la edificación. Determinación de las características luminosas y solares de los acristalamientos.

Agradecimientos.-

Al grupo de empresas ARIÑO DUGLASS y al grupo ALUMAFEL por su colaboración.